Jurnal KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 0216-3365

Terakreditasi "A"
SK No. 395/DIKTI/Kep/2000

VOL. 19, No. 2
AGUSTUS 2005

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Indonesian Society of Agricultural Engineering

Technical Paper

SIFAT FISIK DAN MEKANIK PARENKHIM PELEPAH DAN BATANG TANDAN SAWIT

(Physical and Mechanical Properties of parenchyma of leaf and fruits stem of palm oil)

Yazid Ismi Intara [1], I Nengah Suastawa[2], Radite Praeko Agus Setiawan[2]

Abstract

Physical and mechanical properties of parenchyma of leaf and fruits stem of palm oil are basic data in designing of harvesting machine of palm oil, which had never been provided yet. The output of this research were the mechanical properties (i.e. modulus of elasticity (E), tensile strength (σ), poisson ratio (v) and coefficient of friction (μ), which needed for analyses on specific cutting force of parenchyma of leaf and fruits stem of palm oil.

Keywords: *Physical and mechanical properties, palm oil, parenchyma*

PENDAHULUAN

Sebagai produk andalan nasional, minyak sawit mempunyai prospek yang cukup cerah untuk pertumbuhan ekspor komoditi perkebunan, bila dibandingkan dengan produk minyak nabati lainnya. Usaha untuk meningkatkan produksi masih terus diusahakan di antaranya dengan perluasan areal perkebunan kelapa sawit oleh perkebunan besar negara, perkebunan besar swasta dan perkebunan besar rakyat (Ditjenbun, 2001).

Panen adalah kegiatan mengambil hasil dari suatu usaha penanaman (budidaya), yaitu memotong tandan matang, memungut dengan mengutip hasil panen, mengangkut hasil panen ke pabrik (Rea Kaltim, 1996). Penelitian yang berhubungan pemanenan sawit sangat penting namun saat ini belum banyak dilakukan, padahal tingkat produksi sawit sangat ditentukan oleh proses pemanenan sawit.

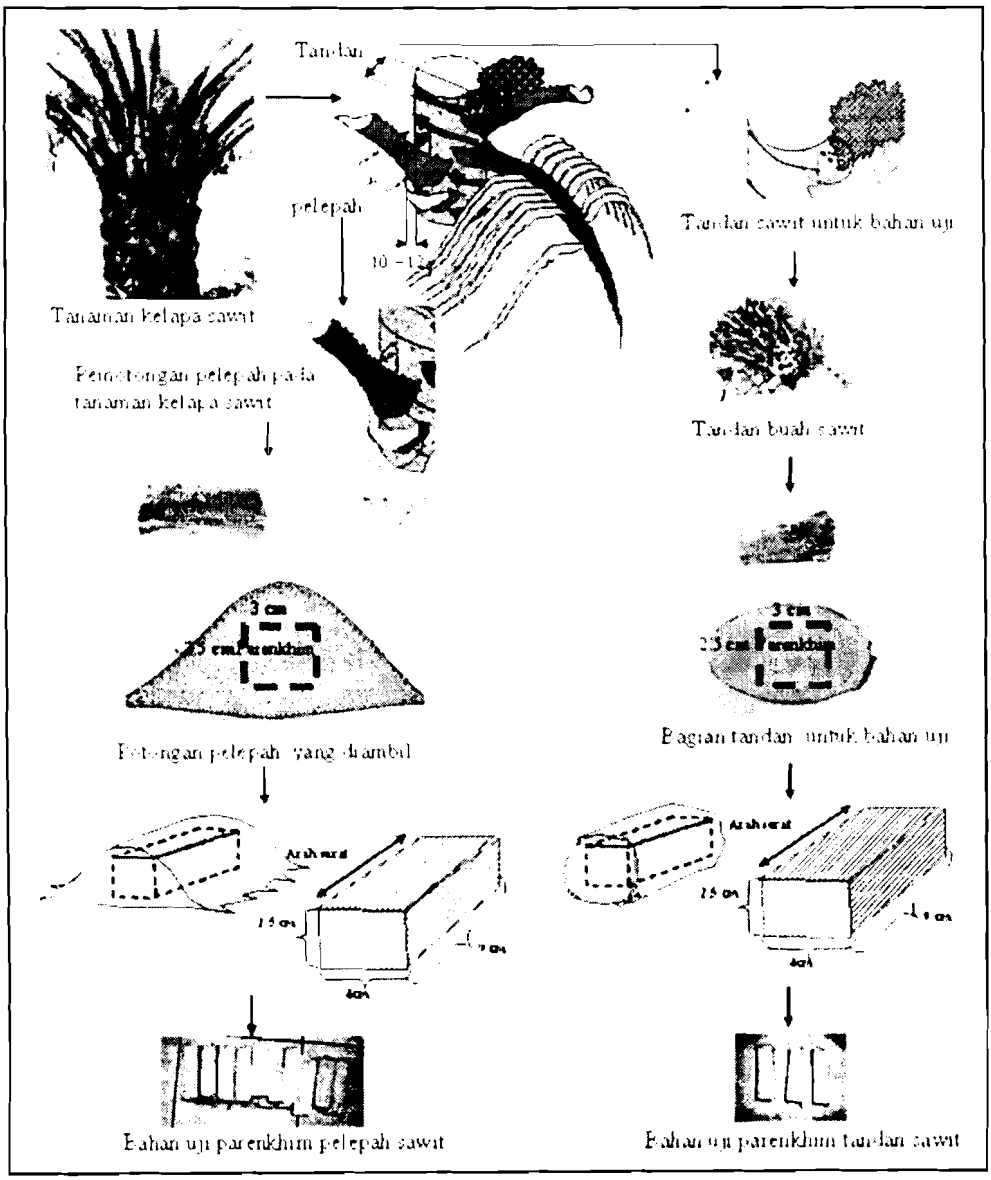
Pemanenan tandan kelapa sawit di Indonesia saat ini masih dilakukan dengan alat-alat sederhana, yaitu alat yang dinamakan *dodos* dan *egrek*. Dodos adalah pisau yang digunakan untuk memotong pelepah maupun tandan dengan cara disodok. Egrek adalah pisau berbentuk sabit digunakan untuk memotong pelepah maupun tandan dengan cara ditarik. Cara pemanenan ini membutuhkan tenaga kerja dan waktu kerja yang lama, juga akan mengakibatkan susut panen yang cukup tinggi.

Proses pemanenan sawit merupakan mekanisme pemotongan pelepah dan batang tandan sawit (Rea Kaltim, 1996). Mekanisme pemotongan dalam pemanenan sawit tersebut sangat penting

[1] Staf Pengajar Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian UNMUL. Samarinda.
[2] Staf Pengajar pada Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

dilakukan penelitian. Pada saat ini penelitian dasar pemotongan bagian pelepah dan batang tandan sawit belum ada. Penelitian maupun publikasi berkaitan dengan sifat fisik dan mekanik pelepah maupun tandan kelapa sawit juga masih belum tersedia oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengukuran sifat fisik dan mekanik pada bagian parenkhim pelepah dan batang tandan sawit seperti pengukuran koefisien gesek yang penting dilakukan, sesuai pendapat Sitkei (1986), bahwa gesekan (*friction*) dalam banyak kasus sangat menentukan pada semua bidang mekanisasi pertanian.

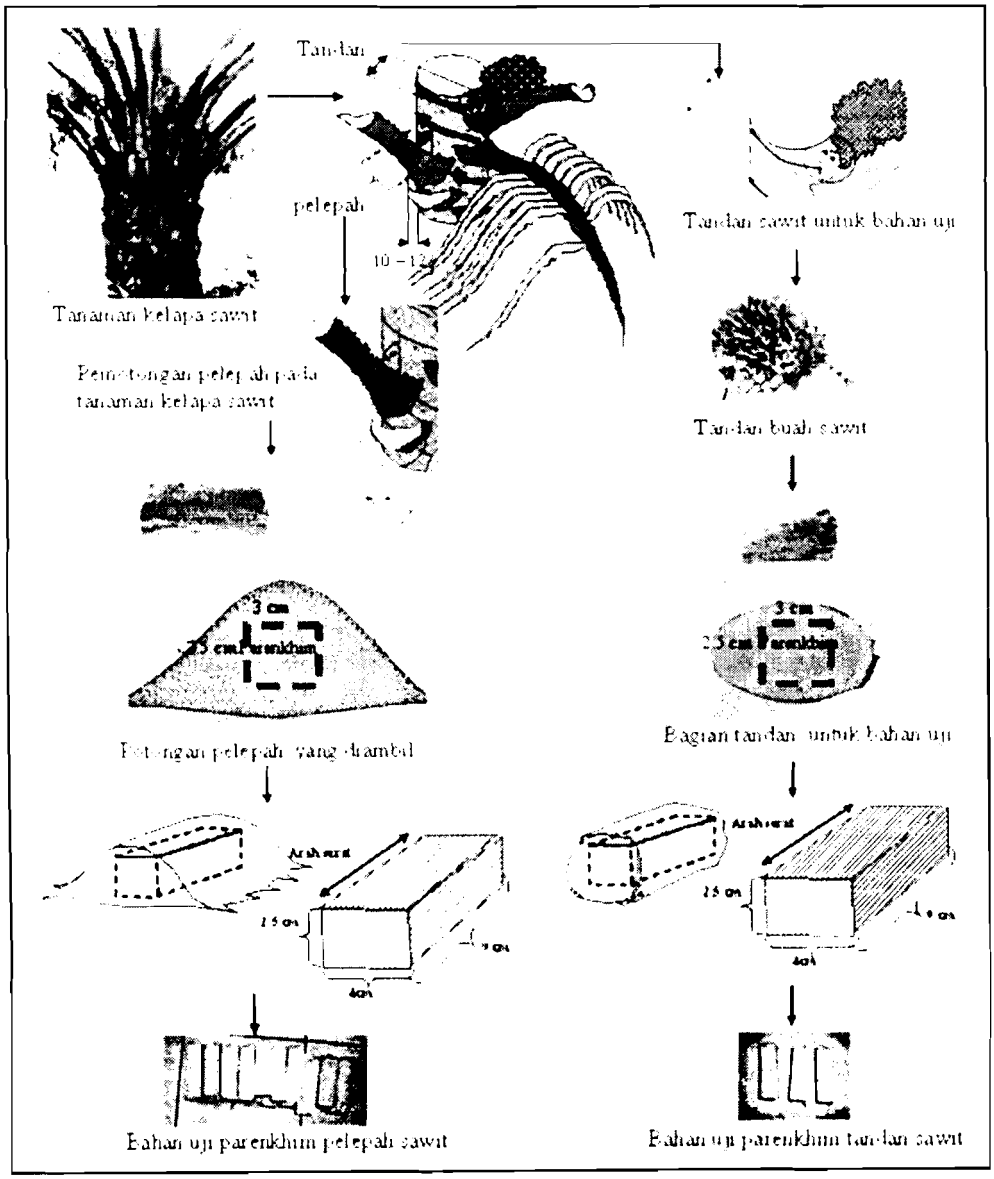
Data-data yang berkaitan dengan sifat fisik dan mekanik pelepah dan batang tandan kelapa sawit akan sangat diperlukan dalam mempelajari analisis mekanisme pemotongannya. Analisa gaya pemotongan spesifik perlu ditunjang



Gambar 1. Pengambilan bahan untuk uji pemotongan pelepah dan tandan sawit

dilakukan penelitian. Pada saat ini penelitian dasar pemotongan bagian pelepah dan batang tandan sawit belum ada. Penelitian maupun publikasi berkaitan dengan sifat fisik dan mekanik pelepah maupun tandan kelapa sawit juga masih belum tersedia oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengukuran sifat fisik dan mekanik pada bagian parenkhim pelepah dan batang tandan sawit seperti pengukuran koefisien gesek yang penting dilakukan, sesuai pendapat Sitkei (1986), bahwa gesekan (*friction*) dalam banyak kasus sangat menentukan pada semua bidang mekanisasi pertanian.

Data-data yang berkaitan dengan sifat fisik dan mekanik pelepah dan batang tandan kelapa sawit akan sangat diperlukan dalam mempelajari analisis mekanisme pemotongannya. Analisa gaya pemotongan spesifik perlu ditunjang



Gambar 1. Pengambilan bahan untuk uji pemotongan pelepah dan tandan sawit

dengan sifat fisik dan mekanik bahan, antara lain modulus elastisitas (E), *poisson ratio* (v), *tensile strength* (σ) dan koefisien gesek (μ).

Penelitian ini bertujuan untuk :

1) mempelajari sifat fisik tanaman kelapa sawit, khususnya pelepah dan batang tandan sawit.
2) memperoleh sifat mekanik jaringan parenkhim tandan dan pelepah kelapa sawit yang berkaitan dengan mekanisme pemotongannya

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di:

1) Laboratorium Teknik Mesin Budidaya Pertanian (di Leuwikopo) Departemen Keteknikan Pertanian IPB
2) Laboratorium kekuatan bahan, Departemen Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB
3) Lahan praktek perkebunan kelapa sawit Cikabayan, Fakultas Pertanian IPB.

Penelitian berlangsung dari bulan Agustus 2003 sampai dengan bulan April 2004.

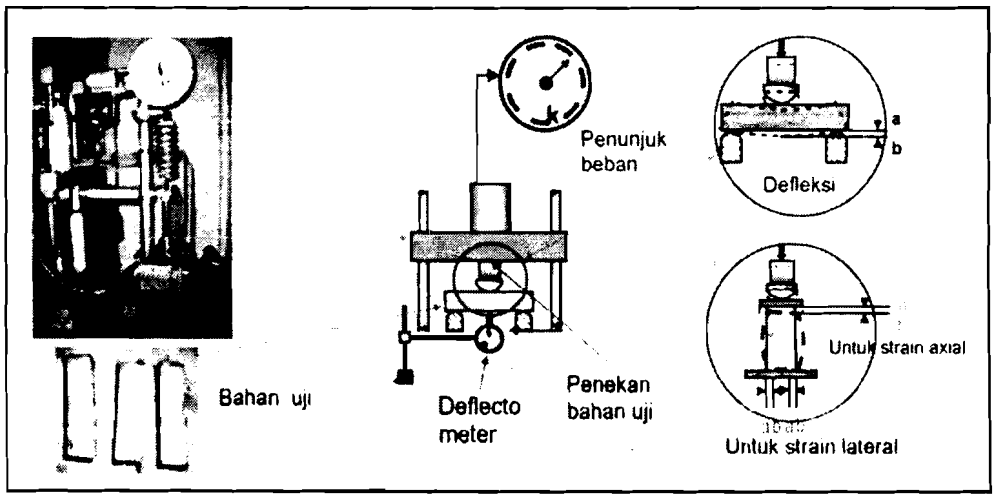
Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Alat pengukur koefisien gesek
2. *Universal Testing Machine* (UTM)
   a. AMSLER (Tipe 120, Machine Nr 381, Kom Nr 1798, 1973)
   b. BALD WIN (UTM)
3. *Deflecto meter* (Mitutoyo Japan, 0.01 – 10 mm, No. 2046-08, Shock Proof)
4. Penggaris, Mistar Ingsut Dan Busur, *Protractor* (CCKL Creator U.S Pat. 4,7666,675)
5. Timbangan analitik, Pisau Cutter, Golok.

Tanaman kelapa sawit yang dipakai dalam pengambilan sebagai bahan uji adalah diambil dari kebun praktikum Jurusan Budidaya Pertanian di Cikabayan IPB Darmaga Bogor, sepeti tampak pada Gambar 1.

Pelepah daun kelapa sawitdiambil dari pelepah sawit sebagai pelepah duduk, dengan pengambilan sampel pada bagian 12 cm dari pangkal petiolus, dimana selanjutnya pengujian hanya menggunakan bagian jaringan parenkhim dengan ukuran 9 cm x 4 cm x 2.5 cm untuk sifat mekanik bahan (Gambar 1).

Batang tandan sawityang digunakan dalam pengujian ini merupakan potongan tangkai tandan buah hanya menggunakan bagian jaringan parenkhim dengan ukuran 9 cm x 4 cm x 2.5 cm untuk sifat mekanik bahan (Gambar 1).



Gambar 2. Metode pengukuran sifat mekanik parenkhim pelepah dan tandan sawit

Untuk menganalisis karakteristik tandan dan pelepah tersebut dilakukan:

1) Pengukuran diameter: a) batang tandan buah, b) tandan buah segar, dan c) pelepah daun
2) Pengumpulan data berat dan panjang: a) tandan buah segar dan b) pelepah sawit
3) Pengukuran sudut yang terbentuk dan jarak: a) antara tandan buah dan batang, b) antara pelepah daun dan batang, c) antara pelepah dan pelepah, d) antara tandan dan pelepah.

Skema pengukuran sifat mekanik bahan uji parenkhim pelepah dan tandan sawit adalah seperti pada Gambar 2.

Pengukuran tersebut ditujukan untuk mendapatkan nilai : modulus elastisitas (E), 2) *poisson ratio* (v), 3) *yield strength* (σ), dan 4) *strain* (ε)

Untuk menghitung modulus elastisitas digunakan rumus:

$$E = \frac{PL^3}{48\Delta I} \qquad (1)$$

dimana:

E : modulus elastisitas (daN/cm)
P : beban (kg)
L : bentang (cm)
I : inersia (cm^4)
Δ : lendutan (cm)

Strength maksimum dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma_{max} = \frac{E}{R} y_{max} \qquad (2)$$

Dengan geometri sederhana (Gambar 3), kemiringan maksimum adalah:

$$\theta = \angle TBP = \tfrac{1}{2}\pi - \angle PBO = \angle POB = \sin^{-1}\left(\frac{L}{2R}\right) \qquad (3)$$

Lenturan maksimum Δ terjadi ditengah-tengah, karena simetris. Karena Δ kecil maka PB dapat dianggap sama dengan ½ L. Pada $OB = R$ dan $OP = R - \Delta$, sehingga dengan menggunakan dalil pythagoras dalam segi tiga OBP didapat:

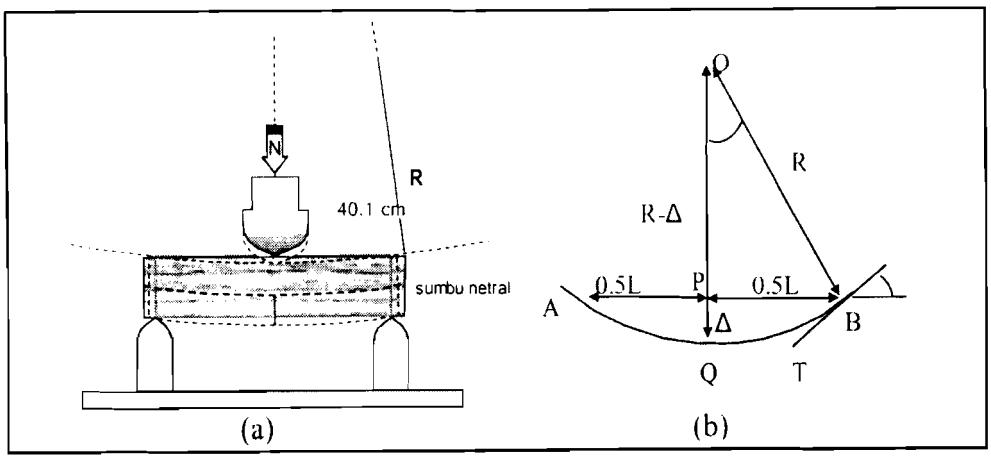
$$\begin{aligned} OB^2 &= OP^2 + PB^2 \\ R^2 &= (R - \Delta)^2 + (0.5L)^2 \\ &= R^2 - 2R\Delta + \Delta^2 + (0.25L)^2 \end{aligned} \qquad (5)$$

sehingga

$$2R\Delta = (0.25L)^2 + \Delta^2$$

maka

$$R = \frac{0.25L^2 + \Delta 2}{2R\Delta} \qquad (6)$$



Gambar 3. Skema cara mendapatkan nilai R dalam perhitungan strength maksimum metode bending

dimana:
σ_{max} : *strength* maksimum
ε : *strain*
R : jari-jari (radius dari permukaan netral)
Y_{max} : jarak dari sumbu netral terhadap serat yang paling tegang

Normal *strain* dihitung dengan rumus

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \tag{7}$$

dimana:
σ_{max} : *strength* maksimum
ε : *strain*

Poisson ratio dihitung dengan rumus

$$\nu = \frac{\varepsilon_{lateral}}{\varepsilon_{axial}} \tag{8}$$

dimana:
ν : *poisson ratio*

Koefisien gesek (μ) antara permukaan melintang parenkhim pelepah dengan permukaan plat besi (bahan pisau pemotong), diukur dengan menggunakan appratus uji gesek seperti pada Gambar 4.

Arah serat pada bahan uji parenkhim sawit adalah vertikal, sehingga bagian yang mengalami kontak gesek terhadap plat besi merupakan serat yang terpotong. Parenkhim dari pelepah dan batang tandan yang digunakan memiliki sifat fisik pada saat kondisi penelitian yaitu masing-masing rata-rata berat basah 61.52 gram dan 73.03 gram, berat kering 11.88 gram dan 13.17 gram, serta kadar air adalah 0.80 % dan 0.81 %.

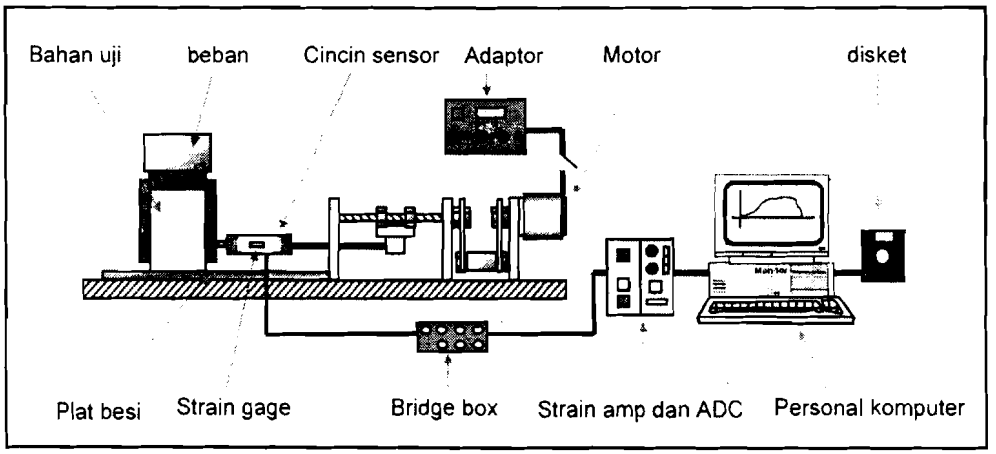
Menurut Suastawa dan Radite (1998), koefisien gesek antara bahan dengan permukaan material mengunakan persamaan berikut :

$$\mu = \frac{\tau_{max}}{\sigma} \tag{9}$$

dimana :
μ : koefisien gesek
τ_{max} : tegangan gesek maksimum terukur
σ : tegangan normal yang diberikan

Menurut Suastawa, Okamoto dan Torii (1998), hubungan antara tegangan gesek dan tegangan normal dan perpindahan relatif. Untuk suatu pemberian tegangan normal (σ_N) maka tegangan gesek (τ) akan meningkat searah peningkatan perpindahan relatif (s).

Pengukuran sifat mekanik bahan untuk mendapatkan koefisien gesek dilakukan terpisah dan menggunakan apparatus uji yang berbeda dari pengukuran sifat mekanik lainnya yang diperlukan. Perlakuan uji gesekan antara



Gambar 4. Metode pengukuran koefisien gesek parenkhim sawit

bahan parenkhim sawit dengan plat besi (bahan pembuat pisau potong), alat uji berupa apparatus uji gesek. Menurut Suastawa, Okamoto dan Torii (1998) pengolahan data pengukuran koefisien gesek dapat dihitung dengan formula:

$$\mu = \frac{\tau_{max}}{\sigma} = \frac{F/A}{N/A} = \frac{F}{N} \qquad (10)$$

dimana :

F : gaya gesek

A : luas area dibawah kotak gesek

N : gaya normal

HASIL DAN PEMBAHASAN

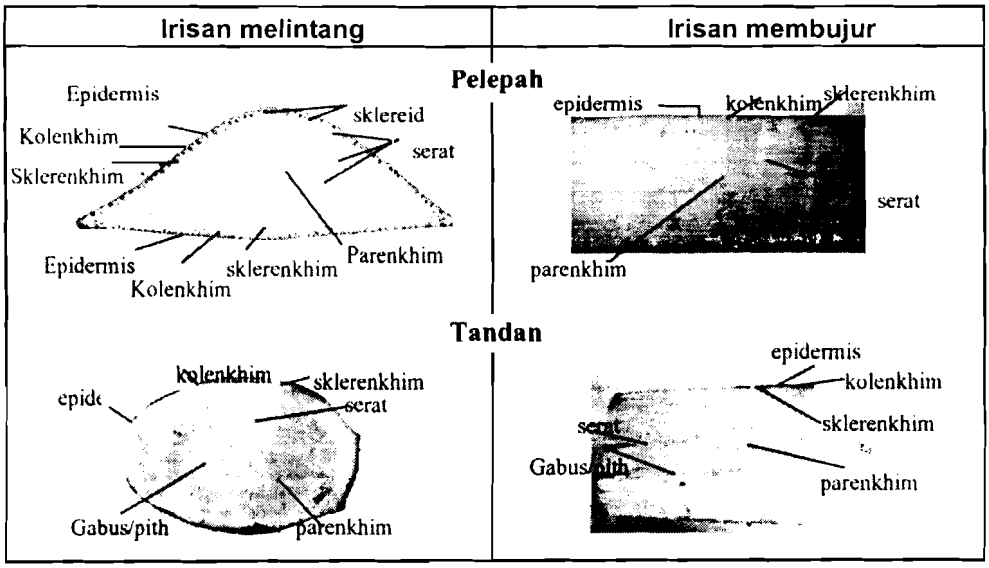
Pengamatan bagian anatomi dari pelepah dan tandan sawit dapat ditunjukkan pada Gambar 5. Anatomi penampang potongan pelepah dan tandan tersebut terdiri dari bagian – bagian jaringan penyusun struktur tanaman.

Potongan pelepah terdiri bagian kulit keras yang terdiri dari jaringan epidermis, kolenkhim dan sklerenkhim. Bagian lebih lunak dibagian tengah adalah jaringan parenkhim, bagian jaringan ini digunakan sebagai bahan uji. Penentuan bahan uji merupakan sebagai awal suatu penelitian untuk mencapai penelitian pemotongan bentuk keseluruhan pelepah utuh.

Bagian parenkhim lebih mudah dalam pengukuran pada skala laboratorium. Menurut Perrson (1987), bahwa pengetahuan dari suatu struktur tanaman sangat diperlukan untuk mengetahui reaksi dari bahan tanaman terhadap gaya pemotongan dan deformasi. Hal tersebut juga akan mempermudah untuk menemukan *logical solution* untuk mengembangkan desain alat pemotongan.

Hasil pengamatan dari sifat fisik secara langsung dilapangan pada tanaman kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Jaringan tanaman yang diambil sebagai bahan uji mempunyai sifat mekanik yang khas. Dalam sifat defleksi, bahan uji mengalami suatu derajat bending yang dipengaruhi oleh posisi dari serat pada suatu lapisan dan ketebalan lapisan bahan maka titik permukaan serat dalam ketebalaan lapisan-lapisan mengalami beberapa perpindahan dalam



Gambar 5. Penampang potongan melintang dan membujur bagian pelepah dan batang tandan sawit

Tabel 1. Sifat fisik tanaman sawit (kebun percobaan perkebunan Cikabayan kampus IPB Darmaga penanaman tahun 1997

	Bahan tanaman	Parameter	ukuran
1	**Pelepah**	1. Sudut antara pelepah dengan batang tanaman sawit 2. Berat daun dan pelepah sawit segar 3. Lebar pelepah pada bekas pemotongan 4. Luas penampang bekas pemotongan pelepah pada tanaman 5. Jarak pemotongan pelepah dari pangkal pelepah 6. Panjang pelepah dari pangkal sampai ujung daun 7. Jumlah anak daun 8. Panjang anak daun 9. Bentuk penampang pelepah adalah segitiga sama kaki	$25^0 - 50^0$ 5.7 - 8.3 kg 15 – 20 cm 41.25 – 62 cm^2 3 – 7 cm 7 – 9 m 200 – 320 helai 1 – 1.2 m
2	**Batang Tandan**	1. Sudut antara tandan dengan batang tanaman sawit dalam ruang potong 2. Berat tandan segar 3. Diameter tandan 4. Ruang potong tandan pada tanaman sawit 5. Bentuk penampang tandan elips – bulat	$0^0 - 35^0$ 8 – 21 kg 5 -7 cm 6 - 9.5 cm
3	**Penampang potongan pelepah**	1. Epidermis (kulit luar terdiri dari lapisan lilin dan serat klorophil) 2. Sklerenkhim dan kolenkhim (lapisan paling keras) 3. Parenkhim (jaringan lunak terdiri dari serat)	0.05 - 0.1cm 0.3 - 0.7 cm 5 - 8 cm
4	**Penampang potongan batang tandan**	1. Epidermis (kulit luar terdiri dari lapisan lilin dan serat) 2. Sklerenkhim dan kolenkhim (ltidak terlalu keras dibanding pada pelepah) 3. Parenkhim (jaringan lunak terdiri dari serat dan gabus)	0.05 - 0.1cm 0.2 - 0.4 cm 4 – 5 cm

bending sampai pada bagian bawah ujung bidang tekan. Pada kasus penyusunan model matematik gaya pemotongan sangat dipengaruhi kondisi sifat mekanik bahan uji dan analisa vektor gaya-gaya yang bekerja pada saat proses pemotongan akan berhubungan dengan sifat deformasi bahan yang dipotong. Data matrial berupa sifat mekanik yang dibutuhkan untuk pemotongan bahan parenkhim sawit seperti ditunjukan pada Tabel 2.

Hasil pengukuran sifat defleksi bahan ditunjukan pada Tabel 2 digunakan untuk

Tabel 2. Hasil pegukuran defleksi (parenkhim pelepah dan tandan kelapa sawit)

Bahan	Beban (daN)	Bentang (cm)	Defleksi (cm)	Inersia (cm^2)
Parenkhim pelepah	13.72	9.00	0.21	13.33
Parenkhim batang tandan	13.72	9.00	0.23	13.33

Tabel 3. Sifat Mekanik Bahan Uji (parenkhim pelepah dan tandan kelapa sawit)

Bahan	Modulus elastisitas(E) (daN/cm^2)	*Yield strength* $\sigma_{max} = E.\gamma_{max} / R$ (daN/cm^2)	*Strain* (ε) $\varepsilon = \sigma / E$	*Poisson ratio* (v)	Koefisien Gesek
Parenkhim pelepah	97.67	2.58	0.02	0.41	0.39
Parenkhim batang tandan	84.56	2.23	0.02	0.28	0.30

Tabel 4. Hasil Pengukuran koefesien gesek parenkhim pelepeh dan batang tandan sawit terhadap plat besi

No	Pelepah			Batang Tandan		
	beban N	gaya max N	koef.gesek N	beban N	gaya max N	koef.gesek N
2	96.29	40.43	0.420	96.29	28.2273	0.2932
3	122.06	46.17	0.378	122.06	34.3219	0.2812
4	144.40	54.89	0.380	144.40	46.1902	0.3199
5	170.21	69.57	0.409	170.21	54.8654	0.3223
6	195.82	74.89	0.382	195.82	65.1153	0.3325
Rata-rata			0.394			0.3098

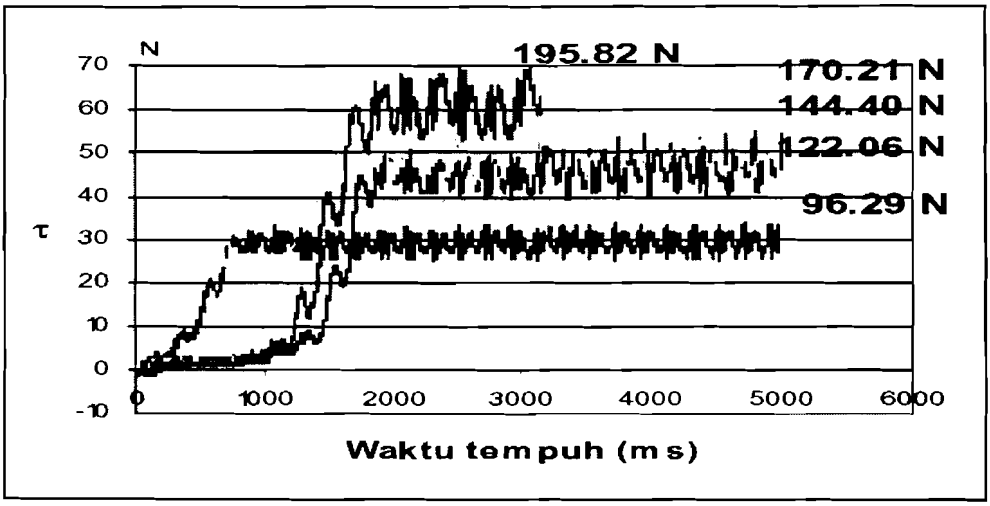
mendapatkan hasil perhitungan modulus elastisitas (E), *strength* (σ), *strain* (ε), dan *poisson ratio* (v) disajikan pada Tabel 3.

Aparatus uji gesek dilengkapi dengan sensor gaya pada *ring tranducer*, dihubungkan *strain amplifier* selanjutnya data disimpan pada personal komputer. Hasil pengukuran gesekan parenkhim sawit dengan plat besi menggunakan beban berbeda dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik pengukuran pada Gambar 6.

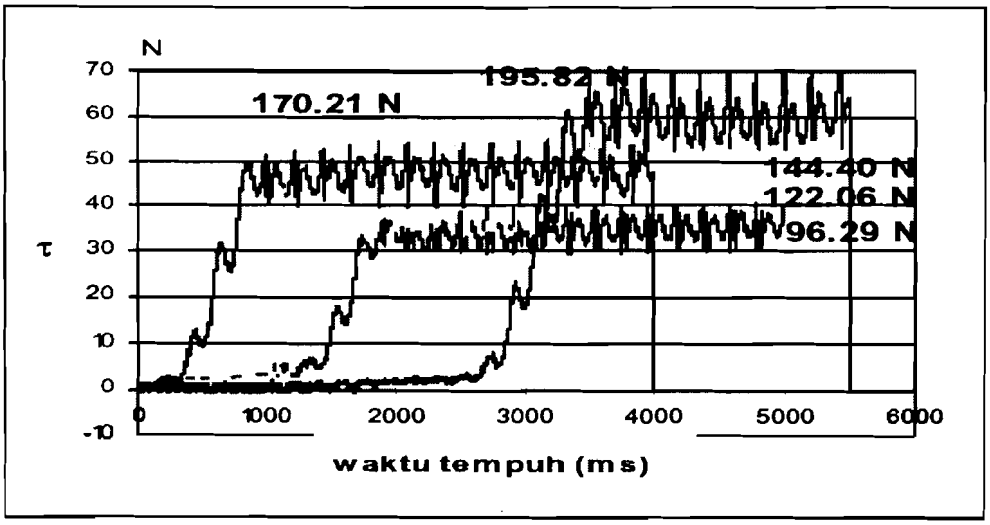
Pengukuran koefisien gesek bahan pertanian penting dilakukan karena pada desain alat panen yang menggunakan pisau pemotong akan terjadi gaya gesekan antara bahan dan pisau, gaya gesekan tersebut akan mempengaruhi gaya yang diperlukan dalam pemotongan bahan. Hal ini sesuai pendapat Sitkei

(1986), bahwa gesekan (*friction*) dalam banyak kasus sangat menentukan pada semua bidang mekanisasi pertanian. Gesekan selalu terjadi pada beberapa bentuk selama pergerakan bahan dan mempengaruhi gaya yang dihasilkan.

Parameter sifat mekanik modulus elastisitas (E), *tensile strength* (σ), *poisson ratio* (v) dan koefisien gesek (μ) tersebut, kemudian akan diperlukan dalam simulasi model pemotongan, karena dalam perhitungan dipengaruhi langsung oleh sifat mekanik pada deformasi bahan dan fungsi penjumlahan gaya yang bekerja pada saat pemotongan.



(a)



(b)

Gambar 6. Grafik pengukuran koefisien gesek dengan beban berbeda ; a) parenkhim pelepah dan b) parenkhim batang tandan sawit

KESIMPULAN

Modulus elastisitas (*E*) pada parenkhim pelepah dan batang tandan adalah 97.67 daN/cm^2 dan 84.56 daN/cm^2, *Tensile strength* (σ) pada parenkhim pelepah dan batang tandan adalah 2.58 daN/cm^2 dan 2.23 daN/cm^2, dan *Poisson ratio* (v) pada parenkhim pelepah dan batang tandan adalah 0.41 dan 0.28, serta Koefisien gesek (μ) pada parenkhim pelepah dan batang tandan terhadap plat besi adalah berturut-turut 0.3970 dan 0.3090. Pengambilan data sifat mekanik bahan harus dilakukan sesegera mungkin agar kondisi jaringan parenkhim sawit tidak layu (alot). Hasil data sifat fisik dan mekanik bahan tersebut perlu ditambahkan dari bagian keseluruhan pelepah atau batang tandan sawit, untuk dapat digunakan dalam perhitungan analisis gaya pemotongan spesifik secara keseluruhan untuk keperluan desain prototipe mesin pemanen sawit khususnya pada desain mata pisau

DAFTAR PUSTAKA

ASTM. 2002. *Standard Test Methods of Static Test of Lumber in Structural Sizes*. ASTM Standards. Designation: D 198-99

Ditjenbun. 2001. Statistik Perkebunan Indonesia 1998-2000: Kelapa sawit. Direktoral Jendral Perkebunan Indonesia. Jakarta.

Intara, Y. I. 2005. Analisis Gaya Pemotongan Spesifik Parenkhim Pelepah dan Batang Tandan Sawit. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Rea Kaltim, 1996. Pedoman Brevet Dasar II Tanaman, Modul 1: Pengembangan. Astra Agro Niaga (tidak dipublikasi)

Suastawa, I N., T. Okamoto and T. Torii, 1998. *Threshing Mechanism of Dual Flat Belt for Rice Harvester (Part 1), Friction Between Rice Grains and Rubber Surface*. Journal of JSAM 60(6) ; 115 -122

Suastawa, I.N, dan R. P. A. Setiawan,. 1998. Rancang Alat Percobaan untuk Menentukan Koefisien Gesek Biji Kacang-kacangan dengan Berbagai Permukaan Material. Laporan Akhir Penelitian. Jurusan Teknik pertanian, FATETA. IPB, Bogor

Nash, W. A. 1977. *Theory and Problems. Strength of Materials*. Schaum Outline Series. McGraw-Hill .Inc. USA

Persson, S. 1987. *Mechanics Of Cutting Plant Material*. An ASAE Monograph, St Joseph, Michigan : ASAE

Urry, S. A.dan P. J. Turner. 1985. Penyelesaian Soal-soal Mekanika Teknik. Edisi ke empat. Erlanga, Jakarta.